

## **ESTIMACION DE LA PROFUNDIDAD AL BASAMENTO EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C., Y ZONA COSTERA**

### **ESTIMATION OF THE DEPTH TO THE BASEMENT IN TODOS SANTOS BAY, B.C., AND COASTAL ZONE**

Arturo Cruz Falcón

Secretaría de Marina  
Estación de Investigación Oceanográfica  
de Ensenada, B.C.

Vicente Guerrero No. 133-Altos  
Fracc. Bahía  
Ensenada, Baja California, México

*Ciencias Marinas* (1991), Vol. 17, No. 1, pp. 139-149.

#### **RESUMEN**

Se normalizaron los datos de anomalía de Bouguer de dos levantamientos gravimétricos en la bahía de Todos Santos, B.C., y zona costera. Se obtuvo la anomalía residual donde se consideró al regional como un plano horizontal. Los valores de anomalía residual se ajustaron a un valor de anomalía donde anteriormente se estimó la profundidad al basamento; ésta se calculó con la fórmula para la estimación de la gravedad en un punto sobre una capa horizontal de extensión infinita. Se utilizó un contraste de densidad de  $0.59 \text{ g/cm}^3$ , de acuerdo a las características generales del basamento y el relleno sedimentario. La bahía de Todos Santos muestra un patrón estructural donde existe una inclinación del basamento en dirección NE-SO, lo cual forma un graben triangular con una caída hacia el sur y centro de la bahía, delimitado por la falla de Agua Blanca y la falla de El Vigía, respectivamente.

El basamento menos profundo en la bahía, que va de 0 a 20 m aproximadamente, se localiza hacia el norte y noroeste, a la altura de Punta Morro, El Sauzal y San Miguel, y hacia el sur en la península de Punta Banda. El basamento más profundo se localiza al SSE de la bahía, a la altura del estero de Punta Banda, con más de 700 m de profundidad. Existen tres cuencas que forman el basamento a lo largo de la zona costera, desde El Sauzal hasta Maneadero.

#### **ABSTRACT**

The Bouguer anomaly data of two gravimetric surveys were normalized in Bahía de Todos Santos, B.C., and the coastal zone. The regional was considered as a horizontal plane and the residual anomaly was obtained. These values were adjusted to a station where the depth to the basement was estimated before; this was calculated with the formula for the estimation of gravity in a point above a horizontal layer of infinite extension. A density contrast of  $0.59 \text{ g/cm}^3$  was used according to the general characteristics of the basement and the sedimentary fill. Bahía de Todos Santos shows a structural pattern where a bending of the basement exists in a NE-SW direction, which forms a triangular graben with an inclination to the south and center of the bay, limited respectively by the Agua Blanca and El Vigía faults.

The shallowest basement in the bay, approximately 0 to 20 m deep, is located to the north and northwest at the altitude of Punta Morro, El Sauzal and San Miguel, and to the south along the peninsula of Punta Banda. The deepest basement, more than 700 m deep, is located to the SSE of the bay, at the altitude of Estero de Punta Banda. There are three basins along the coastal zone, from El Sauzal to Maneadero.

## INTRODUCCION

En la región de Ensenada, se han realizado varios trabajos geofísicos con la finalidad de conocer la estructura y profundidad al basamento, aunque la mayoría se restringen al estudio de la zona cercana a la falla de Agua Blanca, principalmente por su importancia tectónica y geotérmica.

Dowdy (1977) obtuvo un plano de anomalía de Bouguer, calculó el residual ajustando un regional tomado de Phillips (en Gastil *et al.*, 1975) a un perfil de anomalía, y estimó la profundidad al basamento en algunos puntos. Pohle (1977) localizó el trazo de la falla de Agua Blanca en la parte sur del valle de Maneadero, Baja California, y calculó gráficamente la profundidad al basamento, utilizando dos perfiles de anomalía de Bouguer. González-Serrano (1977), en un estudio gravimétrico y magnético en la bahía de Todos Santos, Baja California, encontró que existe un graben en forma triangular, cuya frontera sur lo constituye la falla de Agua Blanca y al norte una falla secundaria. Vázquez-González (1980) realizó levantamientos de gravimetría, potencial espontáneo, resistividad eléctrica y campo telúrico. Localizó el trazo de la falla de Agua Blanca en su rama norte y calculó la profundidad al basamento. Fabriol *et al.* (1982) realizaron un estudio gravimétrico y telúrico al sur del valle de Maneadero. Calcularon la profundidad al basamento sobre un área de aproximadamente 5 km<sup>2</sup> hacia el NE de la falla de Agua Blanca. Cruz-Falcón (1986), mediante un estudio gravimétrico en el valle de Maneadero-Chapultepec, determinó la forma del basamento y estimó la profundidad al mismo. Aguero-Madero (1986), también con gravimetría, obtuvo la forma del basamento y algunas características estructurales en la costa de la bahía de Todos Santos.

Mediante el conocimiento del pasado geológico se pueden reproducir y esclarecer los procesos geológicos actuales, sugerir hipótesis de los eventos que pudieron dar origen a cierta estructura, o simplemente entender por qué existe una estructura o formación en una determinada región.

En el caso particular de la bahía de Todos Santos, las discontinuidades del basamento, que en la mayoría de los casos son producto de fallas, la forma y tendencia del basamento sugieren un patrón fisiográfico

## INTRODUCTION

Several geophysical studies have been carried out in the region of Ensenada in order to learn the structure and depth to the basement. Most studies, however, have been restricted to the area close to the Agua Blanca fault, mainly because of its tectonic and geothermic importance.

Dowdy (1977) obtained a Bouguer anomaly chart, calculated the residual by fitting a regional taken from Phillips (in Gastil *et al.*, 1975) to an anomaly profile, and estimated the depth to the basement at some points. Pohle (1977) located the line of the Agua Blanca fault in the southern part of the valley of Maneadero, Baja California, and graphically calculated the depth to the basement using two Bouguer anomaly profiles. González-Serrano (1977), in a gravimetric and magnetic study of Todos Santos Bay, Baja California, found that there is a triangular graben, bounded on the south by the Agua Blanca fault and on the north by a secondary fault. Vázquez-González (1980) carried out gravimetric, spontaneous potential, electrical resistivity and telluric field measurements, and located the northern line of the Agua Blanca fault and calculated the depth to the basement. Fabriol *et al.* (1982) conducted a gravimetric and telluric study to the south of the valley of Maneadero, and calculated the depth to the basement over an approximate area of 5 km<sup>2</sup> towards the NE of the Agua Blanca fault. Cruz-Falcón (1986) carried out a gravimetric study in the valley of Maneadero-Chapultepec, and determined the shape of the basement and estimated the depth to it. Aguero-Madero (1986), also with gravimetry, determined the shape of the basement and some structural characteristics along the coast of Todos Santos Bay.

Through the knowledge of the geological past, it is possible to reproduce and clarify present geological processes, suggest hypotheses of the events that could have given rise to a certain structure, or simply understand why a structure or formation exists in a given region.

In the particular case of Todos Santos Bay, the discontinuities of the basement, that in most cases are a result of faults, the shape and structure of the basement suggest a probable physiographic pattern that could

probable que pudo haber dado origen a la actual configuración de la bahía y áreas adyacentes.

La bahía de Todos Santos, B.C., se localiza entre las latitudes 31°43' a 31°52' y longitudes 116°36' a 116°46' (Fig. 1).

El objetivo de este trabajo es conocer la forma del basamento en la bahía de Todos Santos, B.C., y zona costera, y estimar la profundidad al mismo en toda el área.

## METODOLOGIA

Los datos de anomalía de Bouguer para la bahía de Todos Santos fueron tomados del trabajo de González-Serrano (1977), y para la zona costera del trabajo de Aguero-Madero (1986).

González-Serrano (1977), para relacionar las anomalías gravimétricas al área de la bahía de Todos Santos, ajustó un valor fijo de -30.0 miligales a todas las estaciones. Dowdy (1977), Vázquez-González (1980), Cruz-Falcón (1986) y Aguero-Madero (1986), utilizaron un valor de -23.55 miligales para obtener las anomalías de Bouguer con referencia a la estación base del monumento a Hidalgo localizado en la ciudad de Ensenada, la cual pertenece a la Red Latinoamericana de Estaciones de Gravedad Absoluta (No. 9703-62). Para correlacionar estos datos se obtuvo la diferencia algebraica como (-23.55)-(-30.0), y este resultado se sumó a los datos de la bahía (Aguero-Madero, 1986).

Con la anomalía de Bouguer se procedió a obtener el residual, para lo cual se consideró el regional como un plano horizontal. Los valores de anomalía de Bouguer se normalizaron a un valor de anomalía residual de la estación gravimétrica No. 42 de Vázquez-González (1980), Fabriol *et al.* (1982); con un valor de -25.52 miligales (corregido para una densidad de 1.8 g/cm<sup>3</sup>; Cruz-Falcón, 1986), habiéndose calculado ahí una profundidad de 200 m. La anomalía residual se obtuvo entonces, restando 20.57 miligales a todos los valores de anomalía de Bouguer. Posteriormente se procedió a calcular la profundidad al basamento. Para ello se utilizó la fórmula para estimar la gravedad en un punto sobre una capa horizontal de extensión infinita (Carmichael y Henry, 1977).

El contraste de densidad utilizado (0.59 g/cm<sup>3</sup>), se obtuvo suponiendo que bajo la

have given rise to the actual configuration of the bay and adjacent areas.

Todos Santos Bay, B.C., is located between latitudes 31°43' to 31°52' and longitudes 116°36' to 116°46' (Fig. 1).

The objective of this work is to study the shape of the basement in Todos Santos Bay, B.C., and coastal zone, and estimate the depth to the basement throughout the area.

## METHODOLOGY

The Bouguer anomaly data for Todos Santos Bay were taken from González-Serrano (1977), and for the coastal zone from Aguero-Madero (1986).

González-Serrano (1977), in order to relate the gravimetric anomalies to the area of Todos Santos Bay, fixed a value of -30.0 milligals to all the stations. Dowdy (1977), Vázquez-González (1980), Cruz-Falcón (1986) and Aguero-Madero (1986) used a value of -23.55 milligals to obtain the Bouguer anomalies with reference to the base station at the Hidalgo monument located in Ensenada, which belongs to the Latin American Network of Absolute Gravity Stations (No. 9703-62). To correlate these data, the algebraic difference (-23.55)-(-30.0) was obtained, and this result was added to the data of the bay (Aguero-Madero, 1986).

The residual was obtained using the Bouguer anomaly. For this, the regional was considered a horizontal plane. The Bouguer anomaly values were normalized to a residual anomaly value of gravimetric station No. 42 of Vázquez-González (1980), Fabriol *et al.* (1982), with a value of -25.52 milligals (corrected for a density of 1.8 g/cm<sup>3</sup>; Cruz-Falcón, 1986). The depth calculated there was 200 m. The residual anomaly was then obtained, subtracting 20.57 milligals from all the Bouguer anomaly values. Subsequently, the depth to the basement was calculated, using the formula for the estimation of gravity in a point above a horizontal layer of infinite extension (Carmichael and Henry, 1977).

The density contrast used (0.59 g/cm<sup>3</sup>), was obtained by assuming that the same prebatholithic rocks that are found on the surface are also found in the bay. These are mostly volcanic, distributed in the following way: to the north and northeast of Ensenada, the most abundant prebatholithic rocks are

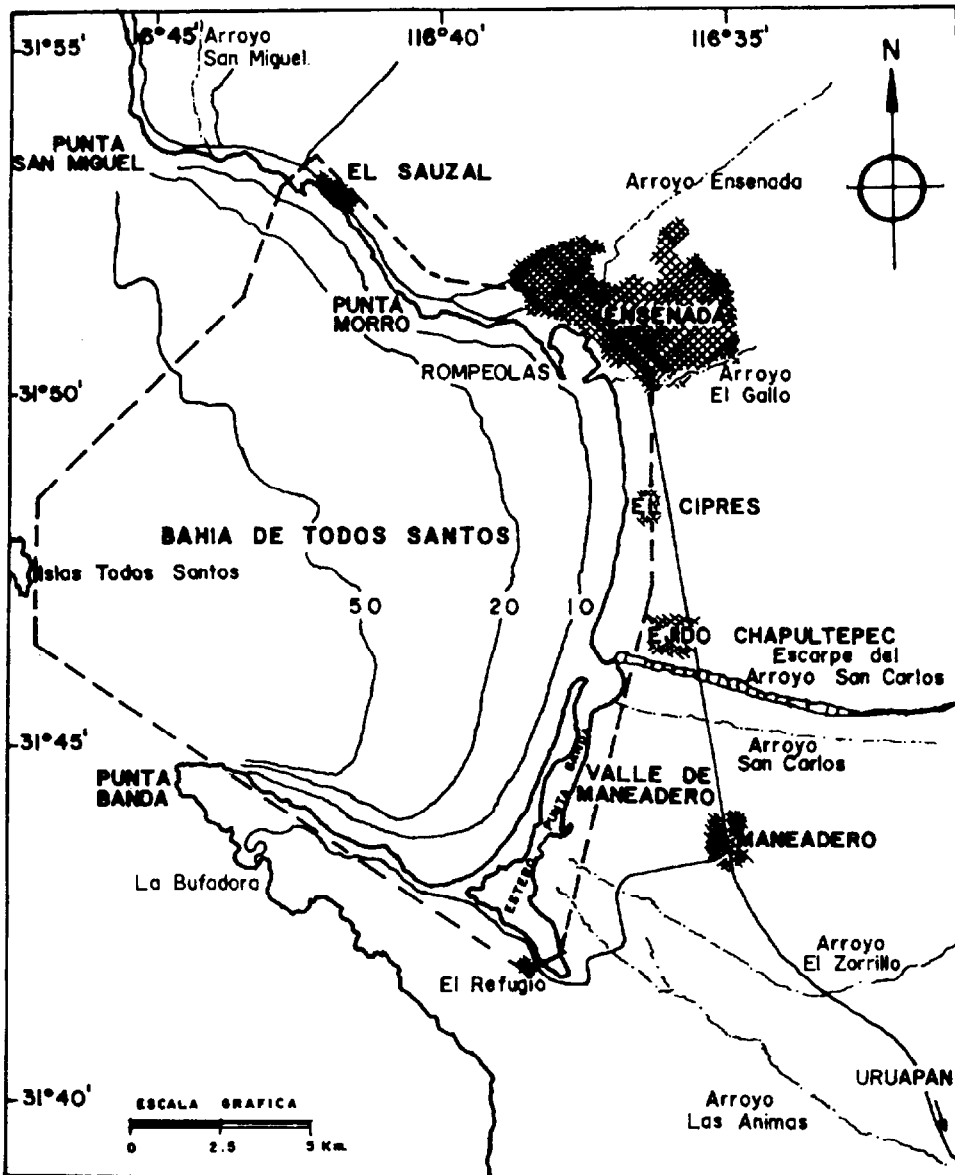


Figura 1. Localización del área de estudio. Se incluyen las principales localidades de la zona.  
Figure 1. Location of the study area. All the main sites of the area are indicated.

bahía existen las mismas rocas prebatolíticas que se encuentran en superficie; volcánicas en su mayoría, cuya distribución se encuentra de la siguiente manera: al norte y noroeste de Ensenada las rocas prebatolíticas más abundantes son andesita y dacita volcánica piroclástica, junto con riolita y basalto (Hawkins, 1970, cita en Gastil *et al.*, 1975); hacia el SSE de Ensenada se encuentran riolita y andesita piroclástica (Schroeder, 1967, cita en Gastil *et al.*, 1975); al sur de la falla de Agua Blanca se intercalan rocas sedimentarias con volcánicas, la secuencia va desde brechas sedimentarias gruesas a caliza y de basalto a riolita; al oeste, las islas de Todos Santos están formadas principalmente por andesita con algunos derrames de lava (Pou-Alberú, 1982). La andesita es la roca volcánica predominante de la región. Ya que este material volcánico se encuentra en gran parte del lado este de la bahía de Todos Santos, hacia el norte en Punta San Miguel, al sur en Punta Banda, al oeste en gran parte de las islas de Todos Santos, la densidad atribuida al basamento se consideró con base en la roca que se encuentra en superficie, principalmente andesita, dacita y riolita. Se tomó la densidad promedio de estas rocas de la tabla de densidades para rocas ígneas de Telford *et al.* (1982), con un valor de 2.57 g/cm<sup>3</sup>.

Los sedimentos que descansan sobre el basamento en esta zona de la bahía son del Pleistoceno (Schroeder, 1967, cita en Gastil *et al.* 1975), compuestos por material de aluvión en secuencias alternas de arcilla, arena, gravas, gravilla y cantos rodados (SARH, 1976). Se tomó la densidad promedio del aluvión saturado de la tabla de densidades para rocas sedimentarias de Telford *et al.* (1982), con un valor de 1.98 g/cm<sup>3</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el plano de profundidad al basamento (Fig. 2), en el cual se muestra la forma y tendencia del basamento en la bahía de Todos Santos y zona costera, se puede apreciar el hundimiento de las porciones central y sur hacia el centro de la bahía, con una inclinación rumbo SE-NO y SO-NE respectivamente. Este hundimiento ha dejado marcas en las zonas central (falla de El Vigía) (Cruz-Falcón, 1989) y sur de la bahía (falla de Agua Blanca), formando de esta manera un graben triangular (González-Serrano, 1977),

volcanic pyroclastic andesite and dacite, together with rhyolite and basalt (Hawkins, 1970, cited in Gastil *et al.*, 1975); to the SSE of Ensenada, pyroclastic rhyolite and andesite are found (Schroeder, 1967, cited in Gastil *et al.*, 1975); to the south of the Agua Blanca fault, sedimentary rocks are intercalated with volcanic rocks, with a sequence that goes from thick sedimentary breccia to limestone and from basalt to rhyolite; to the west, the Todos Santos Islands are mainly formed by andesite with some lava flows (Pou-Alberú, 1982). Andesite is the predominant volcanic rock in the region. Since this volcanic material is found in most of the eastern side of Todos Santos Bay, to the north in Punta San Miguel, to the south in Punta Banda and to the west on most of the Todos Santos Islands, the density attributed to the basement was considered based on the rock that is found on the surface, mainly andesite, dacite and rhyolite. The average density of these rocks was taken from the density table for igneous rocks of Telford *et al.* (1982), with a value of 2.57 g/cm<sup>3</sup>.

The sediments that lie on the basement of this part of the bay are of the Pleistocene (Schroeder, 1967, cited in Gastil *et al.*, 1975). They are composed of alluvium material in alternate sequences of clay, sand, gravel, sandy gravel and pebbles (SARH, 1976). The average density of the saturated alluvium was taken from the density table for sedimentary rocks of Telford *et al.* (1982), with a value of 1.98 g/cm<sup>3</sup>.

## RESULTS AND DISCUSSION

The shape and structure of the basement in Todos Santos Bay and coastal zone are shown in Figure 2, where the downthrow of the central and southern portions towards the centre of the bay can be seen, with a dip in a SE-NW and SW-NE direction, respectively. This downthrow has left marks in the central (El Vigía fault; Cruz-Falcón, 1989) and southern (Agua Blanca fault) parts of the bay, thus forming a triangular graben (González-Serrano, 1977), which has softly bent in its northeastern and eastern part as is shown in Figure 3.

The shallowest part of the basement in the bay, approximately 0 to 20 m deep (Fig. 2), is located to the north and northwest, on the same latitude as Punta Morro, El Sauzal,

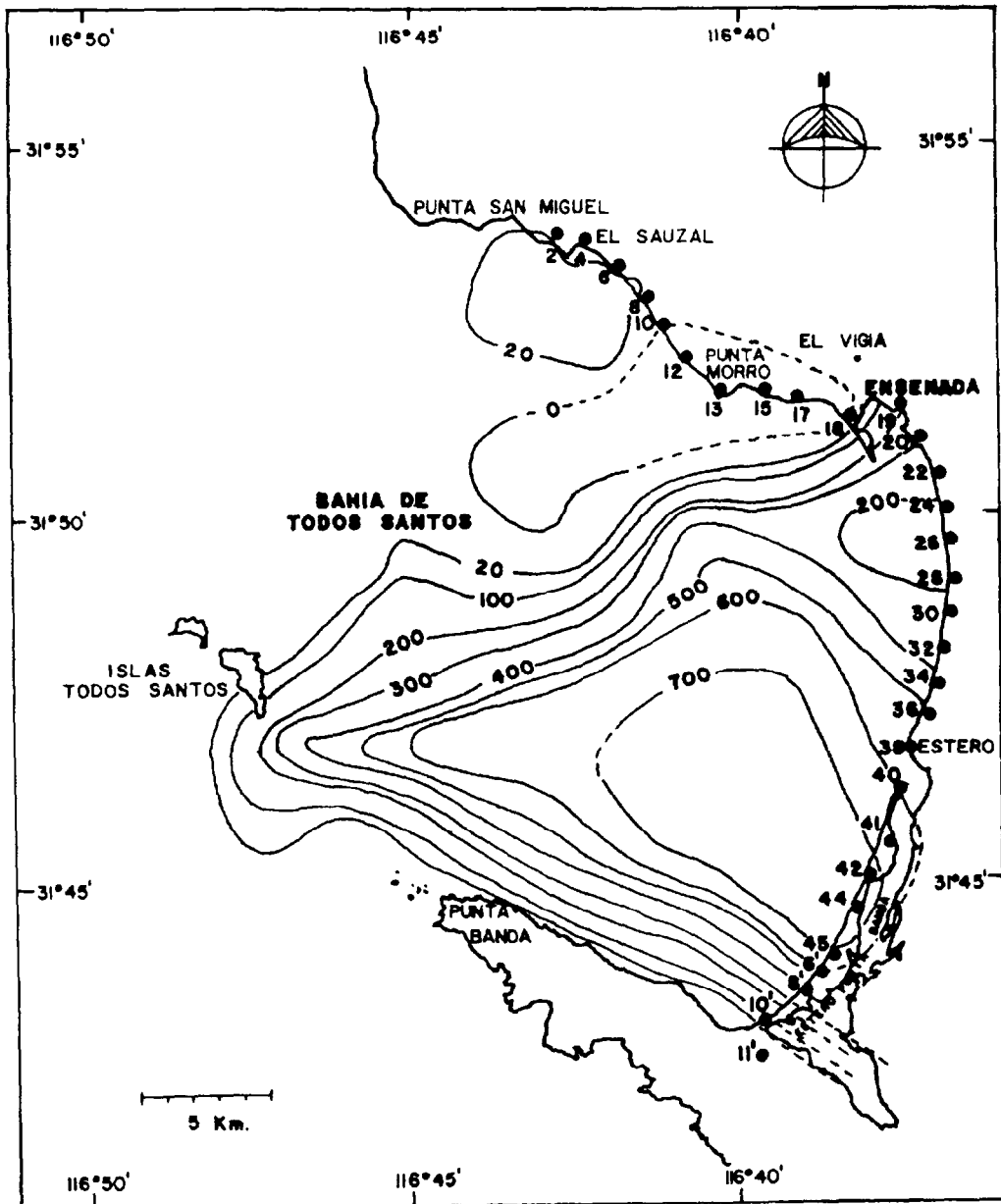
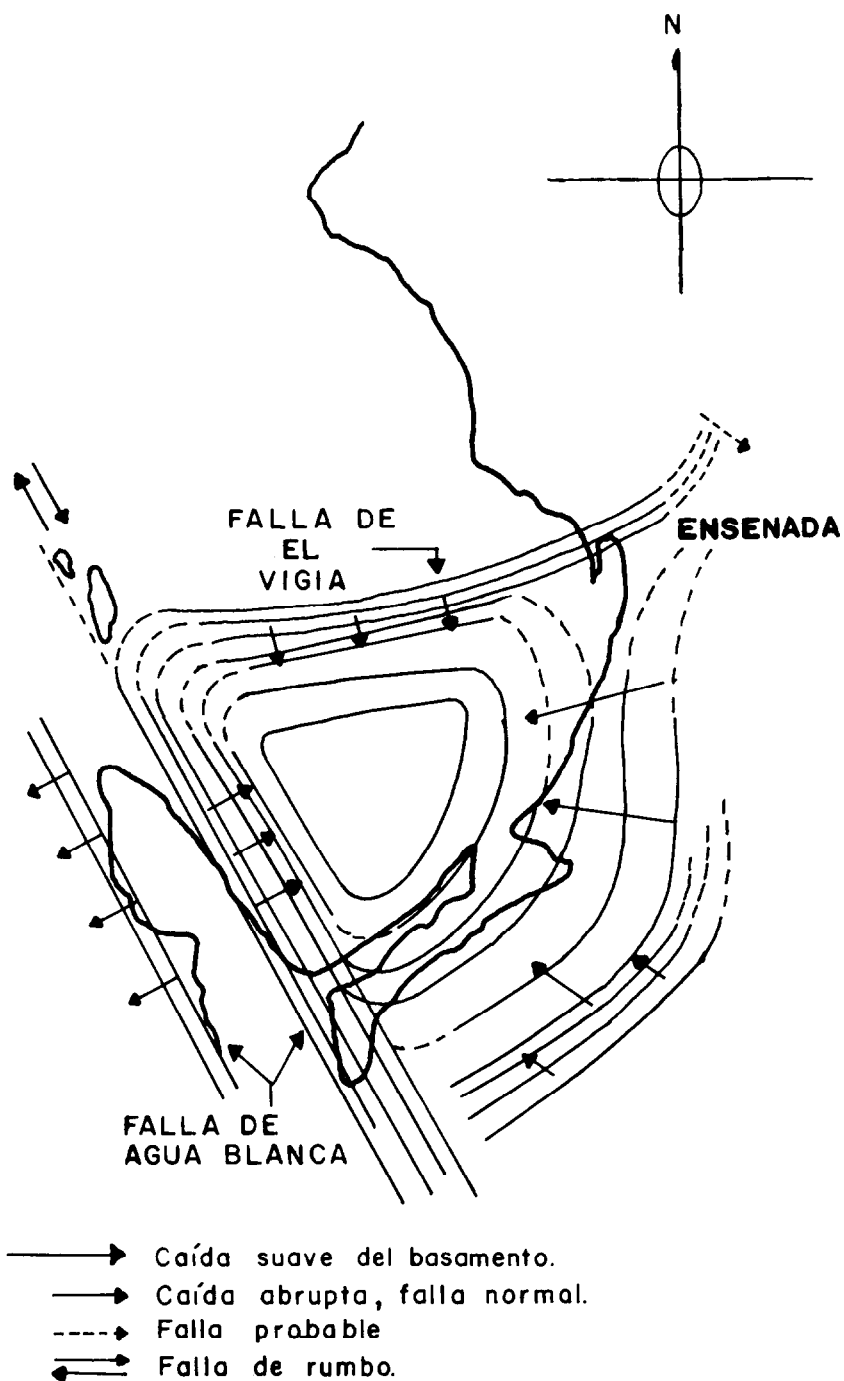


Figura 2. Profundidad al basamento (metros), en la zona costera y bahía de Todos Santos, B.C. Se incluyen las estaciones de la zona costera.  
Figure 2. Depth to the basement (metres), in the coastal zone and in Todos Santos Bay, B.C. The stations of the coastal zone are indicated.



**Figura 3.** Posible modelo estructural del basamento en la bahía de Todos Santos, B.C., y zona costera.

**Figure 3.** Possible structural model of the basement in Todos Santos Bay, B.C., and coastal zone.

que se ha doblado suavemente en su porción noreste y este como se muestra en la Figura 3.

La parte menos profunda del basamento en la bahía, que va de 0 a 20 m aproximadamente (Fig. 2), se localiza hacia el norte y noroeste a la altura de Punta Morro, El Sauzal, Punta San Miguel, y hacia el sur en la península de Punta Banda. La zona más profunda se localiza al SSE, a la altura del estero de Punta Banda, con más de 700 m de profundidad (Fig. 2).

Pou-Alberú (1982) menciona la posible antigua existencia de un abanico aluvial proveniente probablemente del ahora arroyo San Miguel, el cual depositó material terrígeno entre Punta San Miguel y la isla norte de Todos Santos, formando un cuerpo o pared sedimentaria (arenisca y grava), el cual no concuerda con el material volcánico formador de las islas y zonas adyacentes. Es claro suponer que el bajo del basamento en esta zona (Fig. 2) haya permitido precisamente eso, es decir, la depositación de ese material sedimentario hasta lo que ahora es la isla, ya que los eventos tectónicos de la formación de la falla de Agua Blanca y la falla de El Vigía fueron anteriores.

Wong-Ortega (1980) atribuye la fisiografía actual de la bahía de Todos Santos al sistema de falla de Agua Blanca y al conjunto de fallas secundarias asociadas, donde la región de Punta Banda y las islas de Todos Santos se comportan estructuralmente como un elevado horst, y el valle de Maneadero y la bahía de Todos Santos (parcialmente) como un bloque hundido o graben, con sus flancos controlados, al sur por el sistema de falla Agua Blanca; al oeste el trazo de una falla con rumbo SO-NE que pasa a la altura del rompeolas de Ensenada (González-Serrano, 1977; Wong-Ortega, 1980), considerada como falla secundaria (Moody y Hill, 1956, en González-Serrano, 1977); y hacia el sureste el paso de una probable falla observada en la base de la sierra (Wong-Ortega, 1980).

Varios autores (Secretaría de Marina, 1974; Dowdy, 1977; Wong-Ortega, 1980; Cruz-Falcón, 1985), han considerado una falla o posible falla a la manifestación superficial del terreno del escarpe del arroyo San Carlos localizado entre los ejidos Chapultepec y Maneadero (Fig. 1); sin embargo, un levantamiento de perfiles gravimétricos perpendiculares a este escarpe (Cruz-Falcón, 1986),

Punta San Miguel, and towards the south in the península de Punta Banda. The deepest part, more than 700 m deep (Fig. 2), is located to the SSE, on the same latitude as Punta Banda Estuary.

Pou-Alberú (1982) mentions the possible existence of an alluvial fan, probably resulting from what is now Arroyo San Miguel. This stream deposited terrigenous material between Punta San Miguel and the northern island of Todos Santos, forming a sedimentary body or wall (sandstone and gravel) which does not concur with the volcanic material that formed the islands and adjacent areas. It is fair to assume that the basement low in this zone (Fig. 2) has allowed precisely this, that is, the depositing of this sedimentary material until forming what is now the island, since the tectonic events of the formation of the Agua Blanca and El Vigía faults occurred before.

Wong-Ortega (1980) attributes the present physiography of Todos Santos Bay to the Agua Blanca fault system and to all the associated secondary faults, where the region of Punta Banda and the Todos Santos Islands structurally behave as a horst, and the valley of Maneadero and Todos Santos Bay (partially) as a descended block or graben, bounded on the south by the Agua Blanca fault system, on the west by a SW-NE fault line that passes on the same latitude as the breakwater of Ensenada (González-Serrano, 1977; Wong-Ortega, 1980), considered a secondary fault (Moody and Hill, 1956, in González-Serrano, 1977), and on the southeast by the line of a probable fault observed in the base of the mountain range (Wong, 1980).

Several authors (Secretaría de Marina, 1974; Dowdy, 1977; Wong-Ortega, 1980; Cruz-Blancas, 1985) have considered the surface feature of the scarp of Arroyo San Carlos located between Ejido Chapultepec and Ejido Maneadero (Fig. 1) to be a fault or possible fault. However, a survey of gravimetric profiles perpendicular to this scarp (Cruz-Falcón, 1986) does not show evidence of such a fault. These authors have considered this "fault" to be the northern limit of the graben that forms Todos Santos Bay. This is erroneous since the small step (30 m) of this scarp is by no means comparable to the topographic slope of the Agua Blanca fault (southern side of the graben), even though there is the possibility that it is a small step of a possible series of small faults or a system of



no denota evidencia de tal falla. Autores anteriormente citados han considerado esta "falla" como la frontera norte del graben que forma la bahía de Todos Santos, lo cual es un error, pues no es nada comparable el desnivel topográfico de la falla de Agua Blanca (flanco sur del graben) con el pequeño escalón (30 m) de este escarpe, aunque existe la probabilidad de que se trate solo de un pequeño escalón, de una posible serie de fallas pequeñas o un sistema de bloques fracturados asociados al graben, pero no la frontera norte del graben.

El perfil costero de la bahía de Todos Santos (Fig. 4), muestra en la parte norte una cuenca sedimentaria de poca profundidad denominada cuenca de El Sauzal (estaciones 2-8); cinco kilómetros al sur aflora el basamento, el cual se observa fácilmente desde la carretera Tijuana-Ensenada (estaciones 10-17). A la altura del cerro de El Vigía (sobre la carretera costera a Ensenada), se observa un cambio brusco en la profundidad debido a la presencia de la falla de El Vigía (Cruz-Falcón, 1989) (estaciones 18-19); este bajo relativo forma a la vez otro depósito sedimentario denominado cuenca de Ensenada (estaciones 19-24), que es donde se ubica la ciudad de Ensenada. Más adelante (hacia el sur), el basamento tiene otro levantamiento, pero no alcanza a aflorar, permaneciendo aproximadamente a los 200 m de profundidad (estaciones 24-28). Cinco kilómetros más al sur, el basamento se inclina suavemente hasta alcanzar más de los 700 m, formando lo que se denomina cuenca de Maneadero-Chapultepec (estaciones 30-10'), luego, con un gradiente muy marcado, aflora de nuevo en lo que se conoce como península de Punta Banda, notándose claramente la presencia de la falla de Agua Blanca (estaciones 6'-11').

De todo lo anterior, se concluye que el marco tectónico de la bahía de Todos Santos está formado por un graben delimitado básicamente por la falla de Agua Blanca en su extremo sur; al NNO la falla secundaria descrita por González-Serrano (1977), denominada falla El Vigía (Cruz-Falcón, 1989); y al SSE una posible falla (Wong-Ortega, 1980), pero de menor gradiente (Cruz-Falcón, 1986) (Fig. 3).

Se supone que debido a esfuerzos extensionales de la falla de Agua Blanca, se formó una falla secundaria lo cual dio origen al graben triangular, obligando a que el basamento se basculara en una dirección NE-SO,

fractured blocks associated to the graben, but not the northern limit of the graben.

The coastal profile of Todos Santos Bay (Fig. 4), shows a shallow sedimentary basin in the northern part called El Sauzal basin (stations 2-8). The basement outcrops 5 km to the south. This can easily be observed from the Tijuana-Ensenada highway (stations 10-17). On the same latitude as the hill called El Vigía (on the coastal highway to Ensenada), a sudden change in depth can be seen due to the presence of the El Vigía fault (Cruz-Falcón, 1989) (stations 18-19). This relative low, in turn, forms another sedimentary deposit called Ensenada basin (stations 19-24), which is where the city of Ensenada is located. Further south, the basement has another upthrow but does not manage to outcrop, remaining at an approximate depth of 200 m (stations 24-28). Five kilometres further south, the basement softly dips until reaching more than 700 m, forming what is called the Maneadero-Chapultepec basin (stations 30-10'). Then, with a very marked gradient, it outcrops again in what is known as the peninsula of Punta Banda, where the presence of the Agua Blanca fault can clearly be seen (stations 6'-11').

It is therefore concluded that the tectonic framework of Todos Santos Bay is formed by a graben bounded to the south by the Agua Blanca fault, to the NNW by the secondary fault described by González-Serrano (1977), called El Vigía fault (Cruz-Falcón, 1989), and to the SSE by a possible fault (Wong-Ortega, 1980) but with a smaller gradient (Cruz-Falcón, 1986) (Fig. 3).

It is assumed that due to extensional stresses of the Agua Blanca fault, a secondary fault appeared which formed the triangular graben, making the basement incline in a NE-SW direction, the eastern part acting as a hinge, probably composed of small en echelon faults.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

To the Dirección General de Oceanografía Naval (DGON) and to the Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

English translation by Christine Harris.

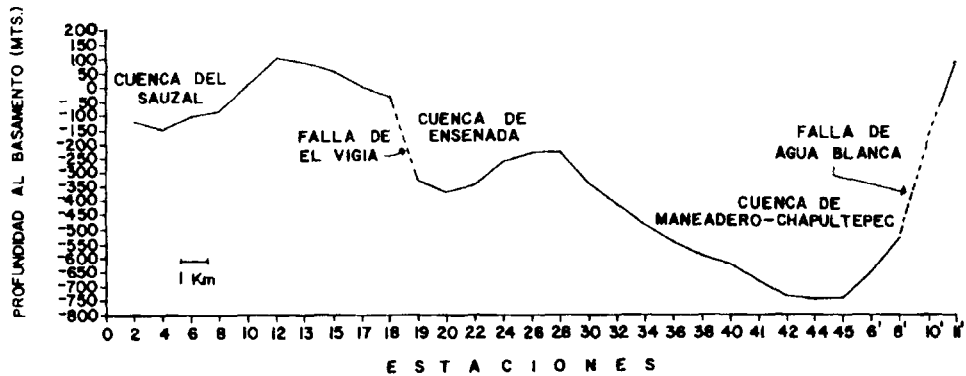


Figura 4. Profundidad al basamento del perfil costero de la bahía de Todos Santos, B.C. Las estaciones se muestran en la Figura 2.

Figure 4. Depth to the basement of the coastal profile of Todos Santos Bay, B.C. The stations are shown in Figure 2.

actuando la parte este como una bisagra que probablemente se trate de fallas pequeñas escalonadas.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Oceanografía Naval (DGON), y al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

#### LITERATURA CITADA

- Aguero Madero, G. (1986). Características estructurales de la bahía de Todos Santos y áreas costeras adyacentes. Tesis Profesional, Esc. Sup. de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C., 40 pp.
- Carmichael, R.S. and Henry, G. Jr. (1977). Gravity exploration for groundwater and bedrock topography in glaciated areas. Michigan State Univ., East Lansing. Soc. of Exploration Geophysicists.
- Cruz Blancas, E. (1985). Origen de la laguna costera de Punta Banda. Tesis de Licenciatura, Esc. Sup. de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C., 56 pp.
- Cruz Falcón, A. (1986). Gravimetría de la cuenca del arroyo San Carlos, Ensenada, B.C. Tesis de Maestría, CICESE, 82 pp.
- Cruz Falcón, A. (1989). Localización y continuación de la falla secundaria de "El Vigía" hacia el norte de la ciudad de Ensenada, B.C. Reporte Técnico, Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada, Secretaría de Marina, 14 pp.
- Dowdy, P.R. (1977). A gravity survey of Valle de Maneadero, Baja California. Senior Report, San Diego State Univ., San Diego, California, 52 pp.
- Fabriol, H., Martínez, M. y Vázquez, R. (1982). Mediciones gravimétricas y telúricas en el valle de Maneadero, Ensenada, B.C. Geofísica Internacional, 21(1): 41-55.
- Gastil, R.G., Phillips, R.P. and Allison, E.C. (1975). Reconnaissance geology of the state of Baja California. The Geological Soc. of America, Inc. Memoir 140, Boulder, Colorado, 170 pp.
- González Serrano, A. (1977). Anomalías gravimétricas y magnéticas de la bahía de Todos Santos. Tesis Profesional, Esc. Sup. de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C., 52 pp.
- Pohle, C.R. (1977). A gravity survey along the north side of the Agua Blanca fault, B.C. Research Report, Vol. 30, San Diego State Univ., San Diego, California, 51 pp.

Cruz Falcón: Estimación de la profundidad al basamento en la bahía de Todos Santos

- Pou Alberú, S. (1982). Estudio de la tectónica de las islas de Todos Santos, B.C., México. Tesis de Licenciatura, Esc. Sup. de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, B.C., 50 pp.
- SARH (1976). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Dirección de Geohidrología y Zonas Áridas, residencia en el estado de Baja California. Localización de pozos construidos en el valle de Maneadero. Informe Técnico, 35 pp.
- Secretaría de Marina (1974). Estudio geográfico de la región de Ensenada. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo, México, D.F., pp. 133-143.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. and Keys, D.A. (1982). Applied Geophysics. Cambridge Univ. Press, New York, Chap. 2.
- Vázquez González, R. (1980). Estudios de métodos potenciales con aplicación a geohidrología del valle de Maneadero, B.C. Tesis de Maestría, CICESE, 108 pp.
- Wong Ortega, V. (1980). Implicaciones tectónicas de la falla de Agua Blanca en la bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Maestría en Ciencias, CICESE, 63 pp.